

ソーラー発電における変換効率の評価と向上

山田 裕紀

(指導教員 佐藤 憲史)

1. はじめに

近年、環境問題への関心の高まりや東日本大震災による原発事故などにより、クリーンなエネルギーであるソーラー発電の関心が高まってきている。しかし、現在のソーラー発電の変換効率は低く、大量の電力を得ることが困難である。そこで、本研究ではソーラー発電の効率を評価し、変換効率と量子効率の関係性を明らかにする。また、それぞれの効率の波長依存性と入射光パワー依存性を調べることで、変換効率の低下要因を解明する。

2. 実験

フォトダイオードとソーラーセルに対して、赤外線・赤・青・緑のそれぞれの LED を照射し、電圧電流特性を測定する。各 LED の波長は、赤外光が 960nm、赤が 660nm、緑が 500nm、青が 460nm である。ここで用いたソーラーセルは、市販されている単結晶シリコン太陽電池を光が均一に当たるように小さく加工したもので、受光面積は 88.5mm² である。フォトダイオードの受光面積は 33.6mm² であり、これらの面積の比率とフォトダイオードの分光感度特性より入射光パワーを求め、変換効率と量子効率を求める。

3. 結果と考察

ソーラーセルの電圧電流特性を測定した一つの例を図 1 に示す。これは、入射光パワー密度 105W/m² の赤色 LED を照射した測定結果である。量子効率は、図 1 の短絡電流(光電流)より次式で求めた。

$$\eta = \frac{I_{ph}/q}{P\lambda/hc} \quad (1)$$

ここで I_{ph} は光電流、 q は素電荷、 P は入射光パワー、 λ は入射光の波長、 h はプランク定数、 c は光速である。変換効率は、図 1 の最大電力より求めた。測定結果の量子効率を図 2、変換効率を図 3 に示す。入射光パワー密度は一定であり、35.7W/m² である。図 2 より量子効率では、波長依存性がほとんどなく、60% から 80% 程度にとどまっている。これに対し、図 3 より変換効率は波長に比例している。これは以下のように考えられる。(1) 式より光電流は波長に比例し、電圧は pn 接合太陽電池では内蔵電位によって決まるため波長に対してほぼ一定である^[1]。よってパワーは波長に比例する。図 4 は、入射光パワー密度を変化させたときの赤色 LED の変換効率である。図 4 より、入射光パワーの増大に伴い変換効率が増大している。これは、ソーラーセルの内部抵抗が電圧電流特性の傾きとして現れ、光電流が小さいとき最大電力を低下させる要因となるためと考えられる。

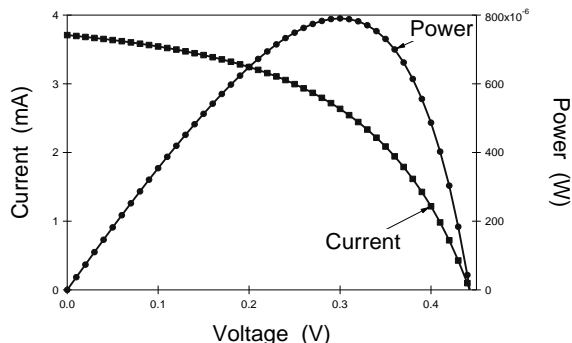


図 1 ソーラーセルの電圧電流特性

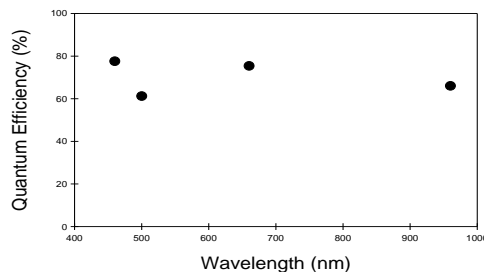


図 2 量子効率の波長依存性

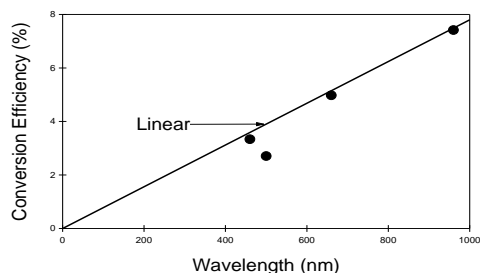


図 3 変換効率の波長依存性

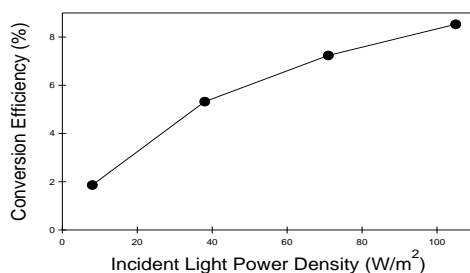


図 4 変換効率の入射光パワー依存性

4. まとめ

量子効率は、波長依存性がほとんどないことが分かった。最大でも 80% 程度であり、まだ改善する余地がある。変換効率は、波長に比例している。また、入射光パワー依存性があり、ソーラーセルの内部抵抗との関連について検討する必要がある。

参考文献

[1] 喜多隆:「太陽電池のエネルギー変換効率」, コロナ社, pp51-54 (2012)